

A planktonikus növényi biomassa és a trofitás változása a Tisza hazai szakaszán és mellékfolyóiban

Nagy-László Zsolt*, Várbíró Gábor**, Abonyi András***, Padisák Judit***, Borics Gábor**

*Pannon Egyetem, Limnológia Intézeti Tanszék, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10. (E-mail: nagylaszlo.zsolt@almos.uni-pannon.hu)

**MTA-ÖK, Duna-kutató Intézet, Tisza-kutató Osztály, 4026 Debrecen, Bem tér 18/C. (E-mail: varbiro.gabor@okologia.mta.hu;

borics.gabor@okologia.mta.hu)

***MTA-PE Limnológiai Kutatócsoport, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10. (E-mail: padisak@almos.uni-pannon.hu, abonyi.andras@okologia.mta.hu)

Kivonat

A hazai környezetvédelmi laboratóriumok adatainak felhasználásával vizsgáltuk a Tisza és mellékfolyói magyarországi szakaszán a fitoplankton mennyiségi viszonyait klorofill-a alapján. Az országba belépő Tisza trofitása oligotróf, de a Szamos befolyását követően a trofitás folyamatos növekedést mutat. A Tisza további szakaszán a fitoplankton mennyisége a Maros torkolatáig fokozatosan csökken, ahol újból drasztikusan emelkedik. Megállapítottuk, hogy a Tisza fő tározói (Tiszalök, Kisköre) nem növelik a Tisza trofitását. A Tisza és mellékfolyóinak fitoplankton mennyisége a bőséges tápanyag ellátottság mellett főként hidrológiai és hidrometeorológiai tényezők függvénye. A Tisza és mellékfolyói magas trofikus állapotának számos negatív környezet- és természetvédelmi, valamint gazdasági vonatkozása, oka, illetve következménye van. Ezen állapotok javítása, nem lokális, hanem teljes vízgyűjtő szemléletű, azaz a határainkon túli szakaszokat is érintő beavatkozásokkal érhető el.

Kulcsszavak:

folyóvízi fitoplankton, klorofill-a, eutrofizáció, vízgyűjtő szemlélet

Longitudinal changes of phytoplankton quantity and trophic status along the Hungarian section of the River Tisza and in its main tributaries

Abstract

Based on long-term monitoring data, of the Hungarian Environmental Laboratories, the phytoplankton quantity based on Chl-*a* and the trophic status of the Hungarian section of the River Tisza and its main tributaries were analysed. The River Tisza entering at the Hungarian border can be characterised by low phytoplankton biomass, while it shows significant increase following the inflow of the River Szamos. Continuous decrease in phytoplankton quantity was observed further downstream in the middle and lower river sections until the influence of the River Maros, where a substantial increase of phytoplankton occurs again. We demonstrated that the two large reservoirs of the River Tisza mitigate the trophic status of the main river. In spite of the high concentrations of nutrients, the actual trophic status of the River Tisza and its tributaries depend primarily on hydro-meteorological conditions. The high trophic level holds potential for severe environmental and economic consequences. These problems cannot be mitigated by simple local actions, but by catchment-scale management along the whole River Tisza basin.

Keywords:

riverine phytoplankton, Chl-*a*, eutrophication, catchment-scale management

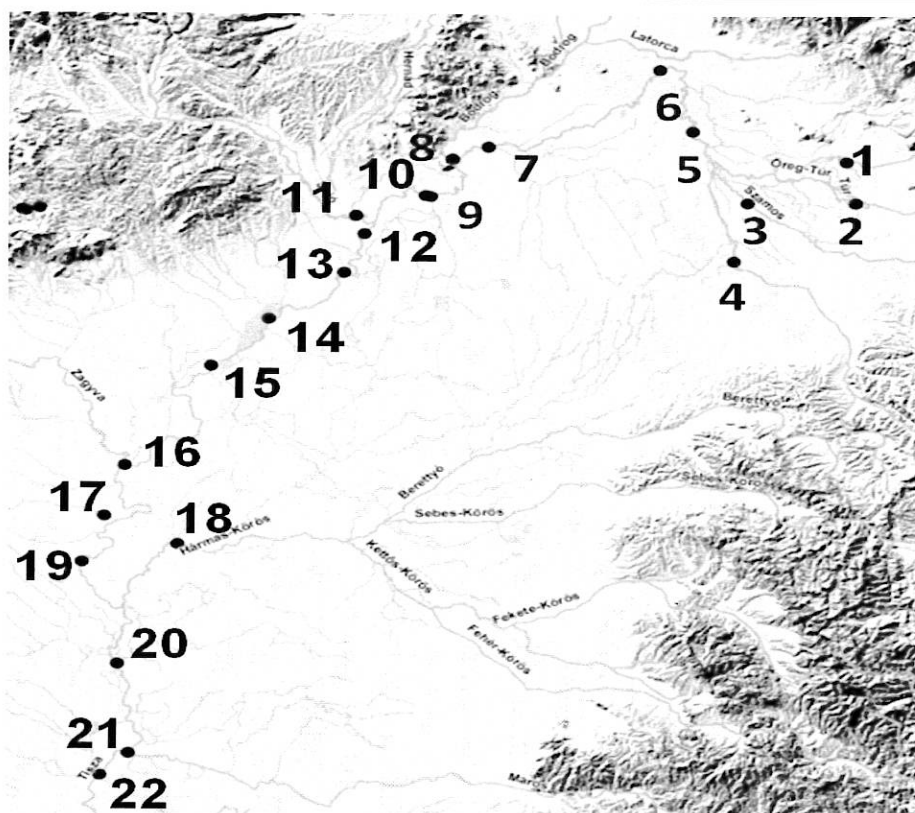
BEVEZETÉS

A Tisza vízrendszerében végzett mérnöki beavatkozások nagymértékben átalakították a Tisza-völgy vízfolyásainak hidrológiai, hidromorfológiai arculatát (Lászlóffy 1982). A Tisza több mint 30%-kal megrövidült, hossza mára csak 962 km és az ártere is csupán 10%-a a szabályozások előtti állapotoknak (Vágás 1982). Az árterek kiterjedésének rendkívüli mértékű, jóformán a hullámterekre csökkentése a természetes szerves anyag bemosódás lehetőségét is drasztikusan csökkentette. A tározók kialakításával a lebegtanyag mennyisége csökkent (Rákóczi 1989), melynek következtében a folyók fényklímája így jelentősen javult, lehetővé téve a fitoplankton túlzott elszaporodását (Kiss 1994). A fitoplankton mennyiségi növekedését tápanyaghiány nem limitálja, mert a folyót diffúz és pontszerű forrásokból különböző terhelések érik (Sárkány-Kiss és Hamar 2002). A Tisza középső szakaszán található duzzasztók hatására (Tiszalök, Kisköre) a tározótárai az összes alga biomassa magas, jelentős tavi elem részesedése mellett (Uherkovich 1971, Hamar

1976). A korábban csak az alsó folyószakaszokra jellemző nagyobb algaörmeg a felsőbb szakaszokon is jelentkezik, ami akár a folyóvízi élettájak átrendeződését is mutathatja. A Tisza völgyében az utóbbi évtizedekben számos olyan, a vizek terhelését, illetve a hidrológiai sajátosságokat befolyásoló változás történt (szennyvíztisztítók, éghajlatváltozás), melyeknek hatása lehet a folyók potenciális trofitására. Jelen cikk célja, hogy az Országos Vízügyi Főigazgatóság adatbázisából származó klorofill-a adatok elemzésével jellemezzük a Tisza és mellékfolyóinak trofikus állapotát, megnevezve azokat a mellékvíz-folyásokat, melyek jelentős terhelést jelentenek a Tisza számára.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Munkánk során a Tisza és nyolc mellékfolyója trofikus viszonyait vizsgáltuk 1989 és 2012 között (1. ábra). A vizsgált folyók főbb hidrológiai jellemzőit az 1. táblázatban foglaltuk össze.



1. ábra. Mintavételi helyek a Tisza és fő mellékfolyói magyarországi szakaszán

Figure 1. Sampling sites of the River Tisza and of main tributaries at the Hungarian section

(Magyarázat: 1. Tiszabecs, 2. Túr, 3. Szamos, 4. Kraszna, 5. Aranyosapáti, 6. Záhony, 7. Balsa, 8. Bodrog, 9-10. Tiszalök, 11. Sajó, 12. Polgár, 13. Tiszaújváros, 14. Tiszafüred 15. Tisza Kisköre alatt, 16. Zagyva, 17. Körös-ér, 18. Hármas-Körös, 19. Tiszaug, 20. Mindszent, 21. Maros, 22. Tiszasziget)

1. táblázat. A vizsgált folyók főbb hidrológiai jellemzői

Table 1. Main hydrological characteristics of the studied rivers

Vízfolyás River	Hossz Length (km)	Vízgyűjtő méret Catchment size (km ²)	Átlagos vízhozam Average discharge (m ³ s ⁻¹)
Tisza	962	157186	820
Túr	94	1216	9
Szamos	415	15882	120
Kraszna	193	3142	3
Bodrog	267	13579	115
Sajó	229	12708	60
Zagyva	179	5677	10
Hármas-Körös	91	27537	100
Maros	754	27890	160

A mintavételek valamennyi esetben a sodorvonalból történtek, havi gyakorisággal. A klorofill-a tartalom meghatározása etanolos extrahálást követően fotometriásan történt (MSZ ISO 10260, 1993). Az elemzések során a klorofill-a adatok leíró statisztikáit vettük figyelembe. A trofitás kategóriáinak megadását klorofill-a alapján, (Dodds és társai 1998) ajánlását követve végeztük (oligotróf/mezotróf határérték: 10 μgL^{-1} ; mezotróf/eutróf határérték: 30 μgL^{-1}).

EREDMÉNYEK

A felső-tiszai folyószakasz (Tiszabecs) trofitása rendkívül alacsony, és így az oligotróf tartományba esik. A Szamos torkolat alatt (Aranyosapáti) a folyó trofitása jelentősen nő, majd kisebb ingadozásoktól eltekintve folyamatos csökkenést mutat egészen a Maros torkolatig (Szeged). A Maros vízének befogadásával a Tiszát a

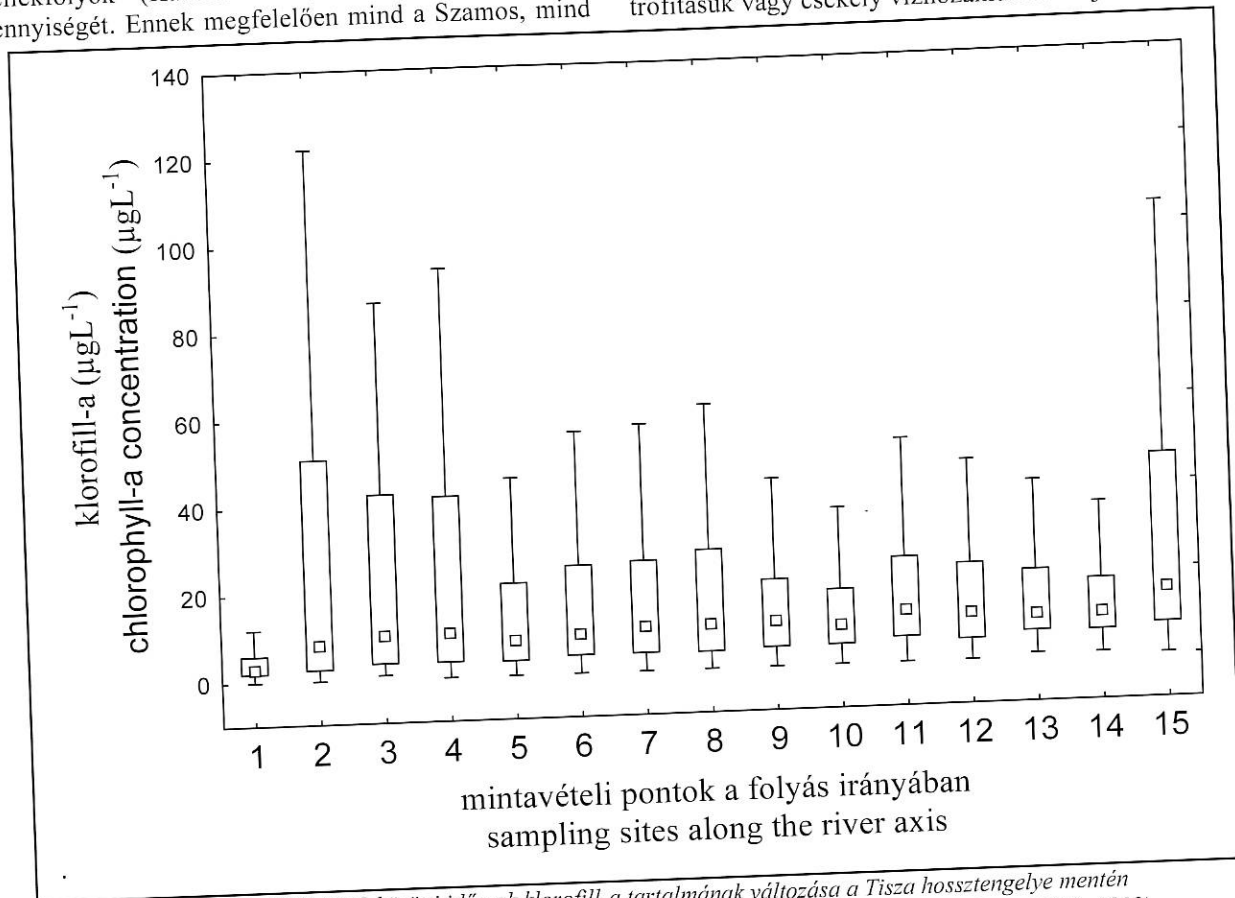
Szamos vízéhez hasonló állapotok jellemzik, jelentősen növelve a fitoplankton mennyiségét. A Tisza trofikus viszonyait alapvetően két fő befolyó határozza meg, a Szamos és a Maros (2. ábra).

A Szamosnak a Felső-Tiszaét meghaladó méretű vízgyűjtő területe a kevésbé csapadékos észak-erdélyi területen található. A folyó középső és alsó szakasza alföldi jellegű és rendkívüli mértékben eutrofizálódott. A mért klorofill-a értékek jelentős mértékben meghaladják a vízfolyásokra megállapított eutróf kategória felső határértékét. (3. ábra).

A Maros vízgyűjtő hidrológiai adottságai, vízhozama és a fitoplankton mennyisége tekintetében nagy hasonlóságot mutat a Szamossal. A klorofill-a értékek eutróf illetve hipetróf állapotot mutatnak. Mindkét befolyó vízhozama jelentős és alga biomassa szempontjából

ből többszörösen felülmúlja a hasonló vízhozamú egyéb mellékfolyók (Hármas-Körös, Bodrog) fitoplankton mennyiségét. Ennek megfelelően mind a Szamos, mind

a Maros markánsan befolyásolja a Tisza trofikus állapotát. A további vizsgált vízfolyások hatása alacsony trofitásuk vagy csekély vízhozamuk miatt jóval kisebb



2. ábra. Az 1989-2012 közötti időszak klorofill-a tartalmának változása a Tisza hossz tengelye mentén

Figure 2. Longitudinal distribution of Chl-a along the Hungarian section of the River Tisza (1989-2012)

(Magyarázat: 1: Tiszabecs; 2: Aranyosapáti; 3: Záhony; 4: Balsa; 5: Tisza a Keleti-főcsatorna tengelyében; 6: Tiszalök; 7: Polgár; 8: Tiszakeszi; 9: Tiszafüred; 10: Kisköre; 11: Szolnok; 12: Tiszaug; 13: Mindszent; 14: Tápé; 15: Tiszasziget)

A Túr és a Kraszna az időszakosan mérhető magas klorofill-a tartalom ellenére alapvetően mezotróf vízfolyások; hatásuk a befogadó fitoplanktonjára egyrészt kis vízhozamuk, másrészt a nagyobb vízhozamú Szamos hatása miatt nem érzékelhető.

A Bodrog és a Sajó a Tisza legjelentősebb jobb parti mellékfolyói. A Sajó alapvetően eutróf (az utóbbi években trófitása jelentősen csökkent), míg a Bodrog mezotróf, ritkábban oligotróf; ezért fitobiomassájuk átlagos mennyisége jóval kisebb hatással van a Tiszára, mint annak hasonló vízhozamú eutróf-hipetróf befolyói. Ebből adódóan és a befogadó Tisza nagyságrenddel nagyobb vízhozama miatt nincs jelentősebb hatásuk a Tisza hosszabb szakaszának trofitására.

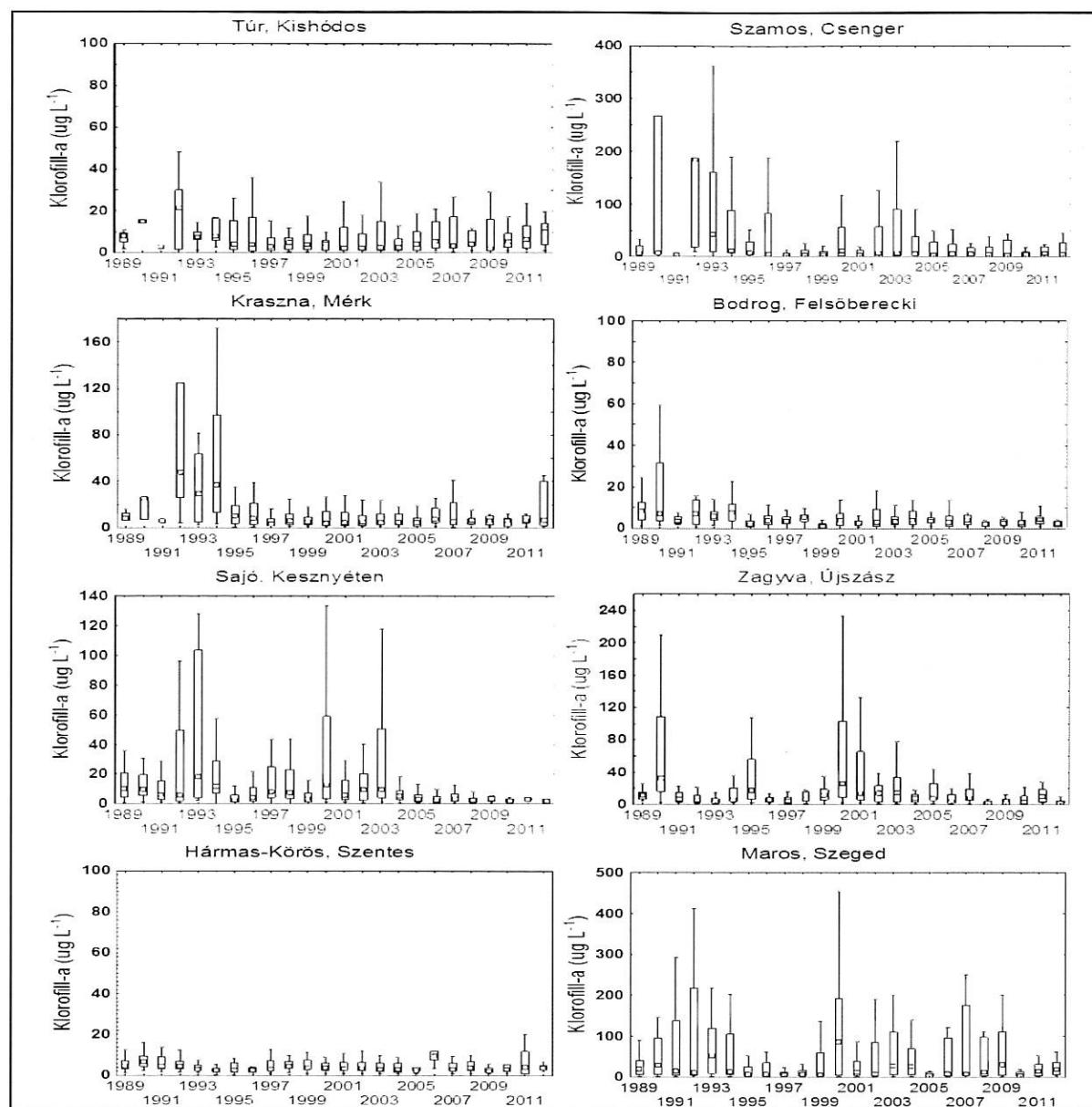
A Zagyva trofitása a vizsgált periódusban jelentős változást mutat. A 2000-es évig terjedő időszakot szélsőségesen magas klorofill-a értékek jellemezték. Ezt követően azonban a folyó ökológiai állapota javult, a trofitás drasztikusan csökkent. 2001-től a folyó mezotróf, sőt oligotróf állapotú. Vízhozama jelentéktelen, ezért hatása a Tisza fitoplanktonjának mennyiségére nem mutatható ki.

A Hármas-Körös és a Maros vízgyűjtő területe hasonló méretű, ahol az előbbi vízhozama lényegesen kisebb. Trofitás tekintetében a folyó többnyire oligotróf, ill. mezotróf. A Hármas-Körös torkolata alatt a Tisza algabiomassája kismértékű csökkenést mutat.

ÖSSZEFOGLALÁS

Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy a Tisza magyarországi szakasza lényegében eutrófnak tekinthető, annak ellenére, hogy oligotróf vízfolyásként lép be az országba. A 'folyó kontinuum elmélet' (River Continuum Concept) alapján (Vannote és társai 1980) a Tisza középső folyószakaszán a fitoplankton biomassa folyamatos növekedésére számítottunk.

Ezzel ellentétesen kimutattuk, hogy a Tisza trofitása azután, hogy befogadta a Szamos zömében hipetróf vizét a jelentősen megnőtt torkolat alatti szakaszon, ezután a folyó trofitása fokozatos csökkenést mutat egészen a Maros torkolatig. Szegednél a Maros zömében hipetróf vizének befogadása után a Tisza algabiomassája újból jelentősen emelkedik, és mint eutróf vízfolyás hagyja el az országot.



3. ábra. A Tisza fő mellékfolyóinak hosszú távú klorofill-a változásai (1989-2012)
 Figure 3. Long-term changes of Chl-a in the main tributaries of the River Tisza (1989-2012)

A többi vizsgált mellékfolyó alacsonyabb trofitásuk és/vagy kisebb vízhozamuk miatt csak lokálisan, kisebb mértékben befolyásolják a Tisza magyarországi szakaszának trofitását.

A környezetvédelmi laboratóriumok adatbázisainak korábbi elemzése igazolta, hogy a Tisza és mellékfolyói bőségesen el vannak látva növényi tápanyagokkal (a vonatkozó kémiai eredményeket itt nem tárgyaljuk), így a fitoplankton e tekintetben nem limitált.

KÖVETKEZTETÉSEK

Jól ismert tény, hogy a medertározás hatására a potamoplankton (folyóvízi fitoplankton) taxonómiai összetétele megváltozik, az euplanktonikus elemek aránya nő, és a biomassa emelkedik az alsóbb szakaszokon. Ennek fényében jelentős megállapítás, hogy a tiszai tározóknak (Tiszalök, Kisköre) oligotrofizáló hatásuk van. A jelenség egyik lehetséges magyarázata a Tisza

potamoplanktonjára a vegetációs időszakban jellemző nagyobb méretű (sejttérfogat $> 10^3 \mu\text{m}^3$) kovaalgák kiüledése (Padisák és társai 2003, Reynolds 2006), másrészt ezen sekély tározók komplex morfológiája lehetővé teszi a Tisza vízminőségének javulását (Istvánovics és társai 2010).

Szerepe lehet továbbá a biomassa csökkenésében a bentikus és planktonikus kifalásnak is (Descy és Gosselain 1994). Bár a vizsgált folyók trofitása igen változó képet mutatott, szinte valamennyi részvízgyűjtőn megfigyelhető jelenség volt a kilencvenes évek első felében tapasztalt szélsőségesen nagy klorofill-a koncentráció. A lehetséges magyarázatok között szerepelhet a terhelések változása, részben pedig a Tisza egész vízgyűjtő-jét érintő szélsőséges hidrometeorológiai körülmények (pl. meleg, csapadékhiányos időszakok) változása; együttesen meghatározván a nagy biomassájú potamoplankton állományok időszakos kialakulását.

A Zagyva és a Sajó kivételével hosszú távú, trendszerű trofitás és fitoplankton mennyiségi csökkenést a többi vizsgált folyó esetében nem tapasztaltunk.

A planktonikus algák tartósan jelentkező, nagymértékű elszaporodása teljesen átalakíthatja az adott folyó természetes táplálékhálózatát, megváltoztatva ezzel az adott vízi ökoszisztéma jellemzőit, vízminőségi paramétereit, ökológiai állapotát. A hatvanas évektől általánosan tapasztalt eutrofizáció okainak feltárása, majd az azt követő szennyvíztisztítási technológiák kifejlesztése világszerte javított a felszíni vizek állapotán. Jelen tanulmányunk ugyanakkor példa arra, hogy ezen eredmények nem minden vízfolyásra általánosíthatók. Az Európai Unió Víz Keretirányelvének (EU 2000) megfelelően dolgozatunk kiváló példát jelent arra, hogy felszíni vizeink ökológiai állapotának rendezése csak vízgyűjtő szintű szemléletmóddal, kiterjedt és összefüggő monitoring rendszerekkel, valamint a teljes vízgyűjtőt lefedő beavatkozásokkal érhető el. Ezen dokumentum a lokális kibocsátások mérséklésén túl a teljes vízgyűjtő hidrológiai, hidromorfológiai sajátosságainak megismerését szorgalmazza, felhívva a figyelmet arra, hogy a jó ökológiai és kémiai állapot elérése érdekében akár jelentős hidromorfológiai beavatkozások is szükségesek lehetnek.

A vízfolyások eutrófizációja számos olyan kedvezőtlen környezet- és természetvédelmi, továbbá gazdasági következménnyel jár, melyek visszaszorítása átfogó, határokon túlnyúló, vízgyűjtő méretekben gondolkodó szemléletet követel (Schimming és társai 2010). A Tisza és mellékfolyói ökológiai állapotának megismerése, az ökológiai állapot javítására irányuló technikák kidolgozása nem egy szűk szakmai csoport érdekét szolgálja, hanem a térség fejlesztésének elengedhetetlen feltételei. Közvetlenül érintenek olyan ágazatokat, mint a turizmus, a halászat, a vízellátás vagy a vízi közlekedés és az áruszállítás.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozunk az Országos Vízügyi Főigazgatóságnak az elemzésekhez szükséges adatok rendelkezésre bocsátásáért. A kutatást a TÁMOP-4.2.2B-15/1/KONV-2015-0004 projekt támogatta.

IRODALOM

Descy, J. P., & Gosselain, V. (1994). Development and ecological importance of phytoplankton in a large lowland river (River Meuse, Belgium). *Hydrobiologia*, 289: 139-155.

Dodds, W. K., Jones, J. R. & Welch, E. B. (1998). Suggested classification for stream trophic state: Distributions of temperate stream types by chlorophyll, total nitrogen and phosphorus. *Water Research*, 32: 1455-1462.

1455-1462.

Hamar, J. (1976). About the algae of the Kisköre river barrage and environs. *Tiscia*, 11: 45-58.

Istvánovics V., Honti, M., Vörös, L. & Korma, Z. (2010). Phytoplankton dynamics in relation to connectivity, flow dynamics and resource availability—the case of a large, lowland river, the Hungarian Tisza. *Hydrobiologia*, 637: 121-141.

Kiss, K. T. (1994). Trophic level and eutrophication of the River Danube in Hungary. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 25: 1688-1691.

Lászlóffy, W. (1982). *A Tisza vízi munkálatok és vízgazdálkodás a Tisza vízrendszerében*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

MSZ ISO 10260.(1993). Vízminőség: A biokémiai paraméterek mérése. Az a-klorofill koncentráció spektrofotometriás meghatározása.

Padisák, J., Sorócki-Pintér, É., Rezner, Zs. (2003). Sinking properties of some phytoplankton shapes and their relation of form resistance to morphological diversity of plankton - an experimental study. *Hydrobiologia*, 500: 243-257.

Rákóczi, L. (1989). Vízlépcsők hatása a hordalék és mederviszonyokra. *Vízügyi Közlöny*, 71 (1): 5-24.

Reynolds, C. S. (2006). *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press London. pp. 49-67.

Sárkány-Kiss, E. & Hamar, J. (2002). Ecological Aspects of the Tisa River Basin. In: *Tiscia Monograph Series 6*, Szolnok, Szeged, Targu Mures, Hungary & Romania.

Schimming, C., Augustin, G. S. & Karez, R. (2010). The Scientific Potential of Environmental Monitoring, p 39-57. In: *Long-term ecological research*. (Eds F. Müller & C. Baessler & H. Schubert & S. Klotz), Springer, Dordrecht.

Uherkovich, G. (1971). *A Tisza lebegő parányi növényei (A Tisza fitoszesztonja)*. Szolnok Megyei Múzeumi Adattár:20-22:1-182.

Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R. & Cushing, C. E. (1980). The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 37: 130-137.

Vágás, I. (1982). *A Tisza Árvizei*. Vízügyi Dokumentációs és Továbbképző Intézet. Budapest.

WFD (2000): Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council 22.12.2000. *Official Journal of the European Communities*, L 327:1-72.

A SZERZŐK

NAGY-LÁSZLÓ ZSOLT Foglalkozása: biológus, PhD hallgató, Kémiai és Környezettudományi Doktori Iskola. Munkahely: Pannon Egyetem, Limnológia Intézeti Tanszék. E-mail cím: nagyzs@gmail.com, nagylaszlo.zsolt@almos.uni-pannon.hu. Kutatási terület: Az abiotikus tényezők szerepe a potamoplankton mennyiségi és minőségi dinamikájának alakulásában a Kárpát-medence nagy folyói esetén. Felszíni vizek ökológiai állapotértékelése, folyóvízi fitoplankton funkcionális ökológiája, limnológiai kutatások.

VÁRBÍRÓ GÁBOR PhD. Foglalkozása: tudományos munkatárs. E-mail: varbiro.gabor@okologia.mta.hu. Munkahely: MTA, Ökológiai Kutatóközpont, Duna-kutató Intézet, Tisza-kutató Osztály. Kutatási terület: Hidrobiológiai kutatások, biológiai adatbázisok felépítése és elemzése, biológiai minősítési rendszerek kidolgozása, neurális hálózatok és statisztikai módszerek alkalmazása az ökológiai adatelemzésben.

ABONYI ANDRÁS Posztdoktor. E-mail: abonyi.andras@okologia.mta.hu. Foglalkozása: tudományos munkatárs. Munkahely: MTA, Öko-

lógiai Kutatóközpont, Duna-kutató Intézet, Hidro- és Növényökológiai Osztály. Kutatási terület: Folyóvízi és tavi fitoplankton funkcionális ökológiája és funkcionális diverzitása.

PADISÁK JUDIT Az MTA doktora. E-mail: padisak@almos.uni-pannon.hu. Foglalkozása: egyetemi tanár, intézetigazgató. Munkahely: Pannon Egyetem, Limnológia Intézeti Tanszék. Kutatási terület: Fitoplankton társulások ökológia. A Balaton és a Stechlin-tó fitoplanktonjának hosszútávú változásai. Trópusi tavak, tározók fitoplanktonjának ökológiai jellemvonásai. A globális klímaváltozás hatása a fitoplanktonra. Magyarország folyó és állóvizeinek ökológiai állapota a Víz Keretirányelv alapján.

BORICS GÁBOR, PhD. E-mail: borics.gabor@okologia.mta.hu. Foglalkozása: tudományos főmunkatárs, osztályvezető. Munkahely: MTA, Ökológiai Kutatóközpont, Duna-kutató Intézet, Tisza-kutató Osztály. Kutatási terület: Felszíni vizek ökológiai állapotértékelése, állapotértékelő módszerek fejlesztése. Vízfolyások, sekély tavak, holt-medrek fitoplanktonja funkcionális sajátosságainak és diverzitásának kutatása. Florisztikai kutatások.